

ANALES DE BIOLOGÍA, 4 (Biología Ambiental. I), 1985: 15-29
SECRETARIADO DE PUBLICACIONES - UNIVERSIDAD DE MURCIA

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LA POLUCIÓN ATMOSFÉRICA: ESTUDIO DE CASOS EN LA REGIÓN DE MURCIA

C. Galindo Salmerón*, L. Ramírez-Díaz** y A. Torres Martínez**

Recibido: julio 1983

SUMMARY

Ecological aspects of air pollution: study cases in the Murcia (SE Spain) region

The most outstanding aspects of air pollution have been bibliographically revised: the influence of the physical environment, polluting sources and ecological effects on biogeochemical cycles and living organisms, as well as economic and legal factors. Special attention has been paid to the incidence of a region's capacity to support air pollution, in relation to its physical environment and land planning. This study has approached two remarkable regional cases in SE Spain: Cartagena and the urban agglomeration of Murcia and its surroundings.

RESUMEN

Se revisan bibliográficamente los aspectos ecológicos más destacados de la contaminación atmosférica, con especial referencia a la influencia de las características del medio físico, los efectos ecológicos en los ciclos biogeoquímicos y organismos vivos, así como los factores económico y legales. Se presta especial atención a la incidencia de la potencialidad de un territorio a la contaminación atmosférica, en relación con los estudios del medio físico y el planeamiento territorial. Se ejemplifica el estudio en dos casos regionales contrastados y de marcado interés: Cartagena y la aglomeración urbana de Murcia y alrededores.

INTRODUCCIÓN

POLUCIÓN ATMOSFÉRICA: CONCEPTO ECOLÓGICO

Son muchas y muy diversas las interpretaciones que se han atribuido al término «polución», habiendo sido definido en muy diversos contextos. En el caso de la contaminación atmosférica, algunas de las definiciones dadas se recogen como sigue:

«Cualquier condición atmosférica en la que ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo suficientemente elevadas sobre su nivel normal, como para producir un efecto mensurable en el hombre, la vegetación, los animales o los materiales» (SEINFELD, 1978). En términos muy

parecidos definen la contaminación atmosférica DUVIGNEAUD (1978) Y STOCKER & SEAGER (1981).

Para PERKINS (1974), la contaminación del aire es: «La presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes, como humos, gases, olores o vapores, en cantidades y duración próximas a ser perjudiciales al hombre, los animales, la vegetación, y que interfieren irracionalmente con el confortable disfrute de la vida y su entorno». Para PUIGCERVER (1979) la contaminación atmosférica es: «la impurificación de la atmósfera por inyección y permanencia temporal en ella de materias gaseosas, líquidas o sólidas, ajenas a su composición normal y en proporción claramente superior a la de aquella».

MARGALEF (1974) señala, sin embargo, que

* Avda. de América, Bloque 6.º, 2.º A. Cartagena.

** Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Murcia

no existe un concepto científico de polución. Para este autor, polución, en general, es un concepto más bien legal y se refiere a lo que hace que un determinado medio, el agua o la atmósfera, se considere inapropiado para un determinado uso». La polución es, pues, función del uso. En este mismo sentido se señala por el autor que, desde el punto de vista ecológico, polución significa que algo se encuentra fuera de lugar, y como consecuencia de esto las propiedades y concentraciones son diferentes de lo habitual.

El análisis de estas definiciones, conduce a resaltar el aspecto ecológico que destaca Margalef, y que contempla caracterizaciones tan importantes como «ausencia de retorno», «desequilibrio ecológico de los procesos naturales», y «pérdida de diversidad», como factores fundamentales acompañantes de todo proceso de polución atmosférica.

El resto de las definiciones revisadas recogen aspectos meramente descriptivos del proceso de la polución, como la presencia de compuestos en la atmósfera que, o bien no son propios de ella, o se encuentran en cantidades por encima de su tasa habitual, con los consiguientes efectos perjudiciales para todos los seres vivos.

ESTUDIOS PREDICTIVOS: POTENCIALIDAD DE UN TERRITORIO A LA POLUCIÓN ATMOSFÉRICA

Hace poco tiempo que los factores ecológicos y ambientales se utilizan como un componente más en el planeamiento territorial y urbanístico. Si se dispone de la suficiente información ambiental sobre la respuesta de los ecosistemas a distintas alternativas de uso, es posible comparar localizaciones alternativas evaluando el impacto que producirían las mismas (GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, 1976; MARTÍN DE AGAR, 1983).

Resulta útil señalar que, entre otras, las principales características que contribuyen a la eliminación de los polutantes de la atmósfera son los mecanismos de mezclado vertical, como: inestabilidad atmosférica, baja frecuencia de inversiones, abundancia de movimientos convectivos, vientos fuertes y sus direcciones dominantes, efecto del relieve en el estancamiento del aire, etc. Sería, por tanto, incoherente e irresponsable un planeamiento territorial que ignorase dichas características e hiciese tabla rasa de las particularidades ecológicas de las cuencas aéreas. Un somero cálculo económico mostrara con facilidad las enormes pérdidas (enfermedades, horas perdidas de trabajo, gastos de corrección de procesos con el fin de descontaminar, etc.), que resultan de la ignorancia de esas particularidades físicas.

Estas observaciones son especialmente recomendables en el caso español y en el de otros países en vías de un marcado desarrollo industrial, en cuanto que se está en condiciones de planificar de forma racional y eficaz los futuros asentamientos industriales (GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, 1976).

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En este estudio se ha realizado una recopilación bibliográfica de ciertos aspectos teóricos relacionados con la polución atmosférica, como son: características del medio físico, focos de polución, efectos ecológicos en los ciclos biogeoquímicos y en los organismos vivos, así como aspectos económicos, legales y relacionados con el planeamiento territorial.

En cuanto a ejemplificar el estudio, se ha centrado el trabajo en dos aglomeraciones urbanas, muy contrastadas desde el punto de vista de sus condicionantes ambientales en relación a la polución atmosférica, como son Cartagena y Murcia.

En la primera de estas ciudades existe una gran incidencia de industria pesada, en algunos casos con gran proximidad a la ciudad, lo que determina la acumulación de polutantes sobre la misma. Otros focos de polución de menor importancia son el tráfico y las calefacciones. La aglomeración urbana de Murcia tiene como principales focos de polución el tráfico y las calefacciones, teniendo el sector industrial una mínima incidencia en el aporte de polutantes a la atmósfera.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se van a citar, por apartados, los trabajos que preferentemente han sido consultados para la elaboración del texto y seleccionados por criterios de claridad, precisión y actualidad.

VIAN (1962), LEDBETTER (1972), LANDSBERG & MACHTA (1974), LUND (1974), PERKINS (1974), VAN VALIN *et al.* (1975), RAMADE (1977), TURRY (1977), WHALEY & LEE (1977), LORA (1978), SEINFELD (1978), ESTEVAN (1979), HAAGEN (1981), PUIGSERVER (1979), TOHARIA (1980), CONTRERAS (1981), SPEDDING (1981), STOCKER & SEAGER (1981), se ocupan de los aspectos generales de la polución atmosférica.

Los caracteres generales del medio físico se han recogido de FLOHN (1968), WHALEY & LEE (1977), WALKER (1978), LOWRY (1979), PUIGSERVER (1979), TOHARIA (1980) y KEMP & YOUNG (1980), entre otros.

Respecto a los focos de polución y tipos de polutantes, se ha encontrado gran cantidad de información, y muchos de los autores que tratan dichos temas ya han sido citados. Algunos de los no mencionados anteriormente son: HOGSTROM (1973), ALMQUIST (1974), LAWTHER (1975), KNELSON & ROBERT (1977) y SEINFELD (1978).

Los efectos ecológicos de la polución atmosférica a

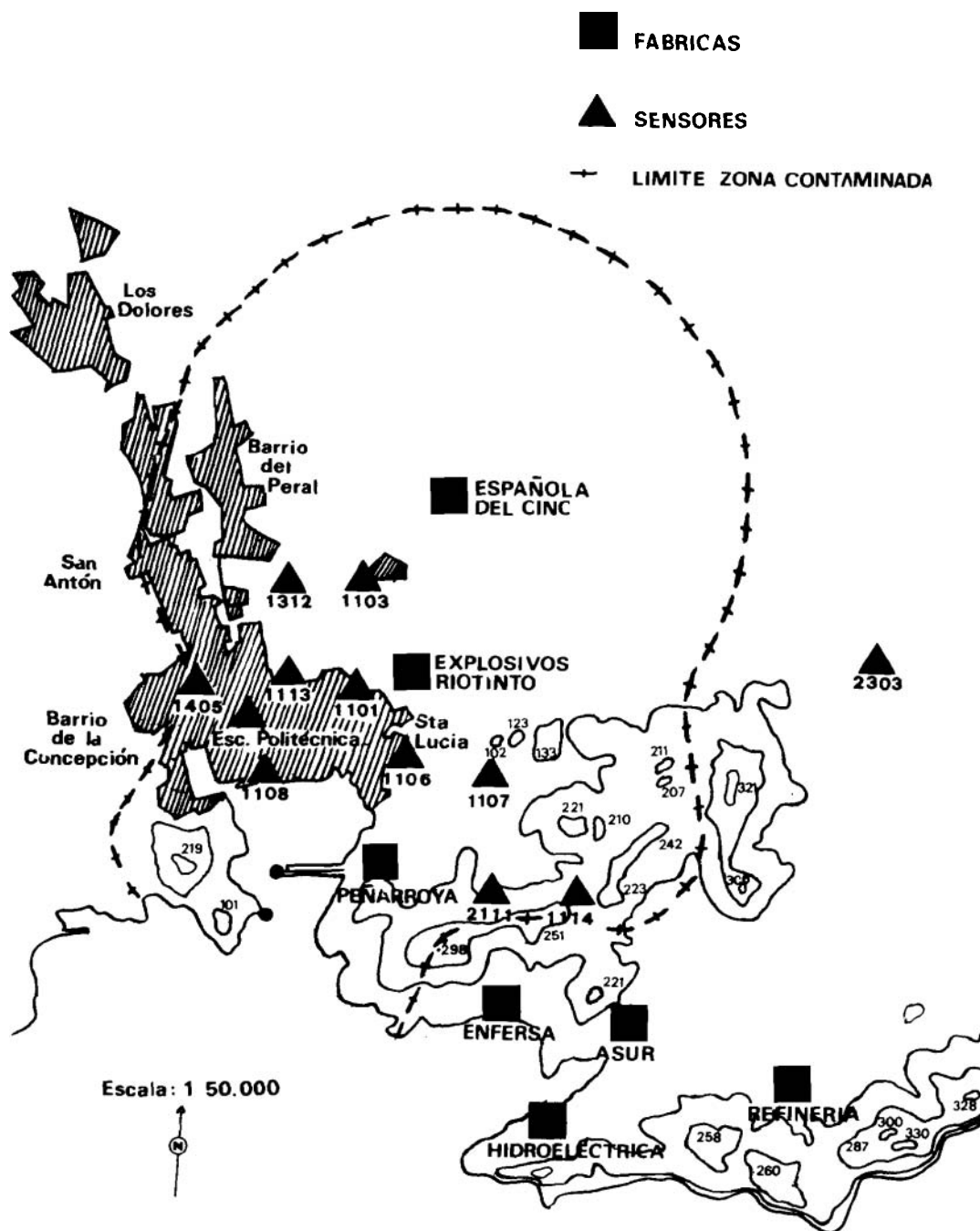


FIGURA 1. Límites de la «zona de atmósfera contaminada.. principales industrias contaminantes y puntos de medición de la contaminación en Cartagena.

Boundaries of «atmospheric polluted area»; main pollutant factories and measurement sites of pollution in Cartagena.

nivel de perturbación en los ciclos biogeoquímicos pueden encontrarse de forma sintética y general en RAMADE (1977), entre otros.

En cuanto a la incidencia de la polución atmosférica en vegetales, SEOÁNEZ (1977) realiza una excelente síntesis de la gran cantidad de información existente. De los trabajos de SUNDSTROM & HALLGREN (1973) y COSTES (1978), se ha recogido el efecto de los polutantes atmosféricos sobre la fotosíntesis. KAUPPI (1976) y SWIEBODA & KALEMBA (1979), han empleado bioindicadores (líquenes, el primero, y coníferas los segundos), en sus investigaciones sobre el efecto de los polutantes sobre los vegetales. De forma más específica, RABE & KREEB (1980), CZARNOWSKI (1980), ELIAS & PATTERSON (1980), BUICULESCU *et al.* (1980) y TORTAJADA & ELORRIETA (1981) tratan en sus trabajos de estos aspectos. Otros autores que han estudiado el efecto de la polución en vegetales son: COELLO *et al.* (1974), RAINS (1975), MYRUP *et al.* (1976), LEMÉE (1978), DE TEMMERMAN (1980a, 1980b).

La influencia de la polución en animales ha sido relativamente poco estudiada hasta el momento. Se trata de trabajos puntuales y concretos que no permiten una reagrupación ni generalización de respuestas y efectos. Por esto se citan de nuevo los textos de SEOÁNEZ (1977) y RAMADE (1977). No obstante, merece reseñarse el trabajo realizado por ANDRÉ (1977) y resaltar la aportación que ANDRÉ, *et al.* (1982) hacen con un importante estudio sobre el ácaro *Humerobates rostralamellatus*, como indicador de polución atmosférica.

El efecto nocivo sobre la salud humana ha sido muy estudiado. McDONALD (1976) ha obtenido resultados positivos al relacionar cáncer de pulmón con la proximidad a una zona contaminada. PERTIERRA (1967) cita la relación entre fibrosis pulmonar y polución, y McDERMOT (1979) expone las diferentes enfermedades ligadas con la polución atmosférica. No obstante, parece necesario el estudio de un gran volumen de población, en periodos largos de tiempo, para que se reflejen en ella, de forma estadísticamente significativa, los efectos nocivos de la polución atmosférica.

Otros autores que han tratado el mencionado tema son: COELLO *et al.* (1974), GRIMMER *et al.* (1975), LAWTHORP (1975), COFFIN & KNELSON (1976), GRANDJEAN (1976), RAVEN *et al.* (1976), ROALD *et al.* (1976), MOHR (1976), WALLER & LAWTHORP (1976), AOKI & HIROYUKI (1977), RUA (1977), VAN DER LENDE *et al.* (1977), WADDEN (1977), CONTRERAS (1981). Este último ha obtenido importantes conclusiones en cuanto a la influencia del tabaco en el cáncer de pulmón, señalando su peligrosidad. Varios autores inciden en esta afirmación, coincidiendo en que son más duraderos e irreversibles los efectos del tabaco que los de la polución atmosférica.

Los aspectos económicos del deterioro ambiental están ampliamente tratados en el *Boletín Informativo del Medio Ambiente (BIMA)*. Esta publicación ha sido revisada en su totalidad, encontrándose en ella numerosos artículos de especialistas en derecho ambiental y economía. RODRÍGUEZ (1980) hace un estudio del postulado «Quién contamina, pagan, aspecto éste muy estudiado por DE MIGUEL (1978) y DE YBARRA (1981). GRAU (1979), comenta la importancia y el alcance del artículo 45 de la Constitución Española, contrastándola a su vez con la de otros países.

Varios editoriales del BIMA, y otros muchos artículos y libros. ROSS (1974), TAMAMES (1977), FUENTES (1979), VILLAMIL (1981), así como la legislación actualmente en vigor, han constituido la bibliografía de los apartados de economía y legislación de la polución atmosférica.

Autores que han tratado aspectos meramente legislativos, son: EDMUNDS & LETEY (1975), DE MIGUEL (1978), GARCÍA-FERNÁNDEZ (1978), MORÁN (1979), Díez (1980), ENSEÑAT DE VILLALONGA (1981), RODRÍGUEZ (1980).

Por último, las relaciones entre potencialidad de un territorio a la polución atmosférica y planeamiento han sido recogidas fundamentalmente de GONZÁLEZ BERNÁLDEZ (1973, 1976, 1979), COPLACO (1974, 1975), RÓDENAS (1977), DEL RÍO y DÍAZ (1977), ORTEGA (1981) y MARTÍN DE AGAR (1983), entre otros.

ESTUDIO DE CASOS EN LA REGION DE MURCIA

Para estudiar la polución atmosférica en Cartagena y Murcia, se han utilizado los valores de SO₂ (pg/m³) y partículas en suspensión (µg/m³) de ambas ciudades.

En Cartagena, las mediciones se llevan a cabo en la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial (Departamento de Química), y se dispone de datos desde 1974. En el presente estudio sólo se recogen las mediciones correspondientes a los años 1979, 1980 y 1981, habiéndose consultado también el periodo correspondiente a 1982, aunque no se incluye en el trabajo.

En Murcia, las medidas de polución corresponden al período comprendido entre febrero de 1980 y diciembre de ese mismo año (únicas existentes), y se han realizado en la Consejería de Sanidad y Seguridad Social de esta ciudad, donde también se registran las mediciones de Cartagena, siendo este organismo el que ha facilitado dicha información.

Con los valores de SO₂, a lo largo del año para los distintos puntos se han construido los gráficos que se incluyen en los apartados siguientes. En estos gráficos se patentizan qué meses al año registran las cifras más elevadas de polución, así como la adecuación o no a la legislación vigente de los valores registrados.

CARTAGENA

EL MEDIO FÍSICO

Los factores del clima han sido estudiados a partir de los datos recogidos en el observatorio de Galeras (periodo 1970-1980). De forma resumida puede destacarse lo que sigue.

La precipitación es muy escasa (aproximadamente 350 mm anuales), una de las menores de España, y su intensidad no suele ser lo sufi-

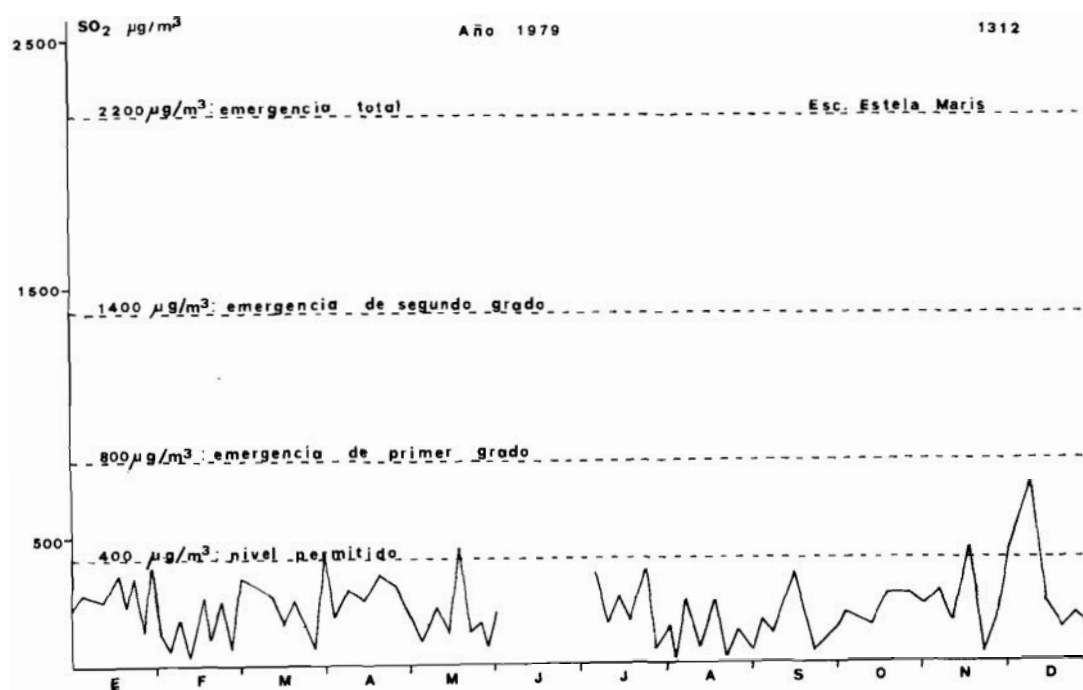


FIGURA 2. Sensor 1313 (Esc. Nac. Estella Maris). Niveles de SO₂ µg/m³ en el año 1979.
Levels of SO₂ µg/m³ in 1979.

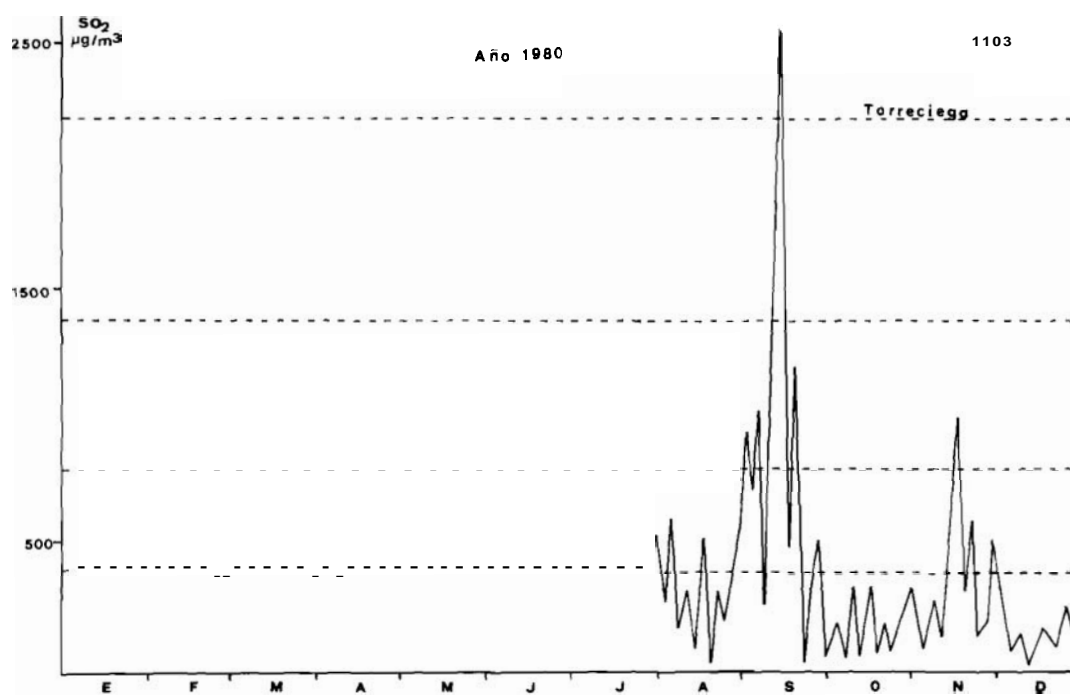


FIGURA 3. Sensor 1103 (Torreciega). Niveles de SO₂ µg/m³ en el año 1980.
Levels of SO₂ µg/m³ in 1980.

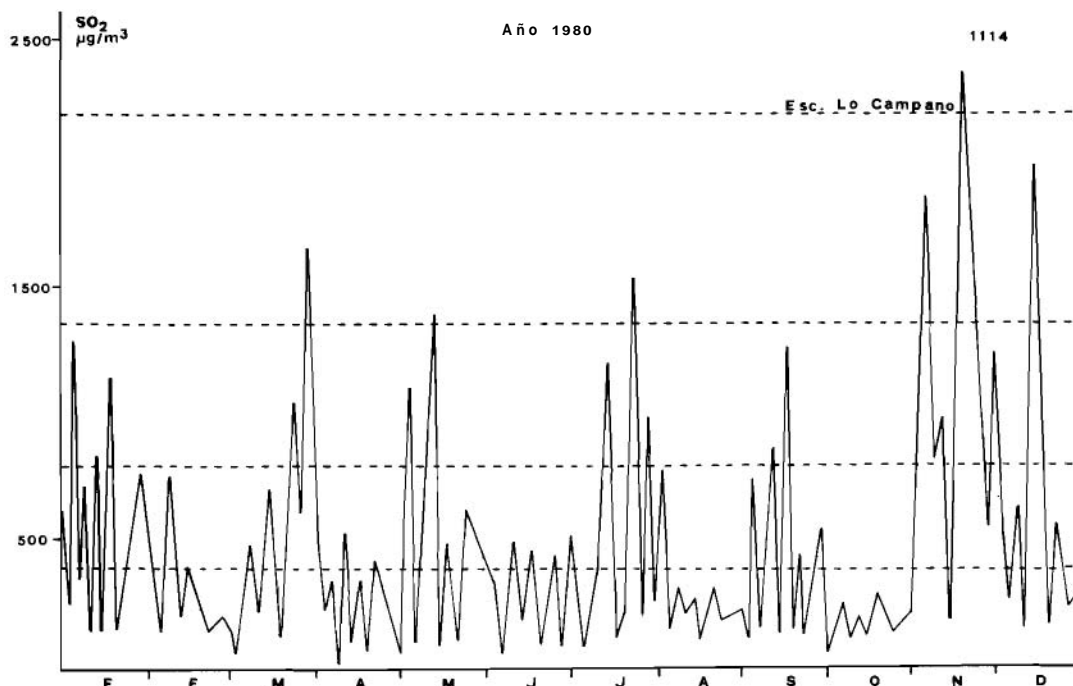


FIGURA 4. Sensor 1114 (Lo Campano). Niveles de SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 1980.
Levels of SO_2 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1980

cientemente elevada como para ejercer una acción de lavado de las capas atmosféricas bajas. En Los Alcázares (a unos 20 km de Cartagena) la evaporación es 4.2 veces superior a la pluviosidad.

Los vientos en Cartagena tienen dos direcciones dominantes: N-NE y S-SW; el viento de levante (N-NE) sopla en un 28.2% del total del año y tiene un marcado efecto negativo ya que introduce las emisiones de la zona industrial (situada al E), hacia el interior de la ciudad (Figura 1).

Las nieblas son muy abundantes, aunque el observatorio de Galeras (único que registra estos datos) sólo contabiliza 70 días al año en el período 1970-1980 estudiado. Hay que señalar que la proximidad al mar contribuye a la niebla nocturna en un 90 % de los días, pero sin la duración exigida para ser contabilizados como tales.

Del análisis somero de estos factores se deduce que Cartagena nunca debió ser un centro de asentamientos industriales como el que posee en su actual ubicación, ya que los caracteres climáticos no favorecen la limpieza de la atmósfera, y sus peculiaridades de relieve, con un cinturón de pequeñas elevaciones a su alre-

dedor, favorecen situaciones de polución atmosférica.

FOCOS DE POLUCIÓN

En Cartagena son las industrias las que producen vertidos importantes a la atmósfera, que relegan a un segundo plano la actividad poluante derivada de calefacciones y vehículos.

La actividad industrial se centra en siete fábricas, tres de ellas muy próximas a la ciudad (Unión Explosivos Río Tinto, Peñarroya y Española del Cinc), y otras cuatro más distantes, situadas próximas al valle de Escombreras (Complejo de Enpetrol, Enfersa, Asur y la Central Térmica de Hidroeléctrica Española; fig. 1).

MEDIDAS DE POLUCIÓN

Durante 1979 funcionaron un total de ocho sensores o medidores de polución ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 y partículas en suspensión), repartidos por diferentes puntos de la ciudad (fig. 1). La figura 2 corresponde a uno de estos sensores. En ella se han representado, además de los valores de SO_2 , registrados en el año, los niveles que esta-

blece la legislación vigente: 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como «nivel permitido»; 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondiente a «emergencia de primer grado»; 1.400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para «emergencia de segundo grado» y 2.200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para «emergencia total». Este sensor, ubicado en la Escuela Nacional Estela Maris, del extrarradio de la ciudad, se mantiene por debajo de los 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (nivel permitido) la mayor parte del año.

En 1980 funcionaron siete sensores de los que se han seleccionado aquí los correspondientes a Torreciega (fig. 3) y Escuela Lo Campano (fig. 4). En la figura 3 se observa una subida del nivel de SO_2 , hasta 2.553 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que representa el valor más alto registrado en Cartagena como media de 24 horas, para los tres años que ha abarcado el trabajo. La figura 4 corresponde al sector que mayor nivel de polución registra a lo largo del año, contabilizándose más de 100 días con valores superiores a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que es el nivel permitido en la legislación vigente.

En el año 1981 se experimentó un fuerte descenso en los valores de SO_2 , como resultado de la puesta en marcha de una serie de medidas, encaminadas fundamentalmente a corregir los sistemas de emisión de las principales industrias contaminantes (fig. 5).

Del total de datos examinados para los tres años, puede destacarse que las zonas de mayor polución de Cartagena son Santa Lucía (sensor 1.106), Lo Campano (sensores 1.114, 2.111; con mucho, el más destacado), Torreciega (sensor 1.103) y Los Mateos (sensor 1.107), por su proximidad a la zona industrial.

Hay que señalar también que en los meses de noviembre, diciembre y enero (especialmente en noviembre), se produce un incremento de los niveles de SO_2 , como consecuencia de las situaciones anticiclónicas características de esta época del año. A partir de 1981, se experimentó un fuerte descenso en los valores de SO_2 , por el motivo anteriormente citado.

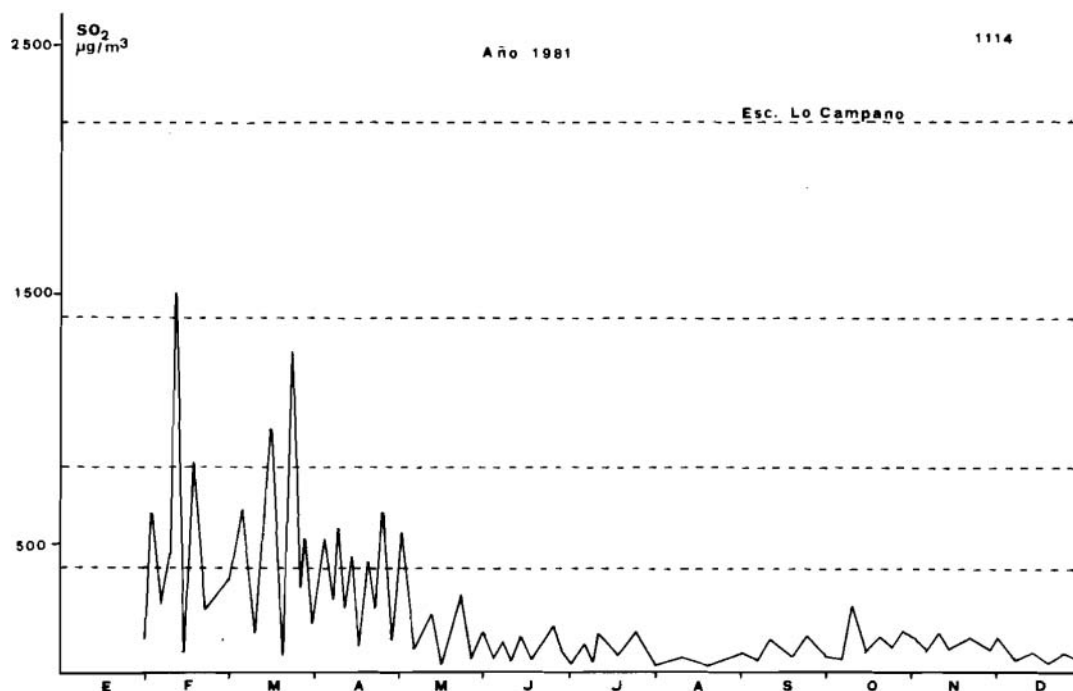


FIGURA 5. Sensor 1114 (Lo Campano). Niveles de SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 1981

Levels of SO_2 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1981

SALUD Y POLUCIÓN

Se ha estudiado la relación estadística entre el nivel de polución (SO_2 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la afluencia de enfermos, con diagnóstico cardiorrespiratorio, a la Residencia Sanitaria Nuestra Señora del Rosell, de Cartagena, a lo largo del año 1980. En cada caso se registraba fecha de ingreso, diagnóstico de entrada y zona de residencia del enfermo.

En el análisis de regresión efectuado se ha obtenido la ecuación: $y = 0,000235x + 1,4509$, y el coeficiente de correlación $r = 0.163$ (fig. 6). La significación estadística del ajuste es prácticamente despreciable, como se deduce de la simple inspección de la nube de puntos.

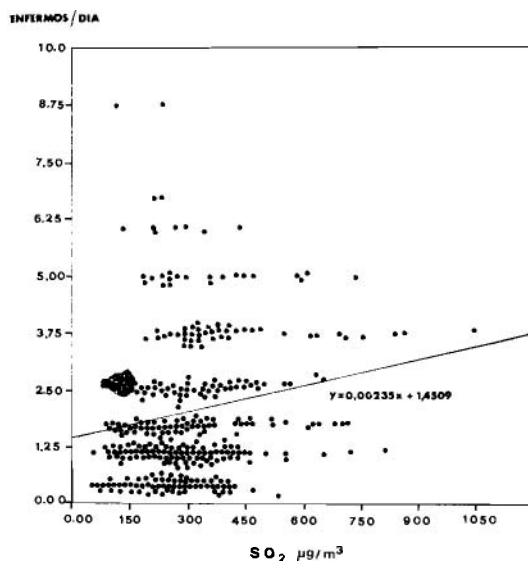


FIGURA 6. Resultados del análisis de regresión simple entre los valores de SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la media diana de enfermos (cardiorrespiratorios) en el año 1980. Cartagena.

Results of simple regression analysis between the values of SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the average of cardio-respiratory patients every day in 1980. Cartagena.

Tras este estudio no puede establecerse la relación causa-efecto de forma estadística entre ambas series de valores, probablemente por una falta de datos acumulativos, aunque puede sospecharse por los datos y resultados de otras localidades.

DEFENSA Y PROTECCIÓN DEL MEDIO ATMOSFÉRICO: ESTADO ACTUAL

De las diferentes actuaciones en defensa del

medio atmosférico que se han llevado a cabo en Cartagena durante los últimos años destaca, la declaración de «zona de atmósfera contaminada» en septiembre de 1978, y que traería consigo la puesta en práctica de medidas de corrección de la polución.

En febrero de 1979 se aprueban en Consejo de Ministros las modificaciones a adoptar por las fábricas en su proceso de producción para controlar sus emisiones, medida de gran importancia, puesto que ha determinado un espectacular descenso de los valores de SO_2 , desde el año 1981. La figura 5 representa el nivel máximo de SO_2 , alcanzado en el citado año; el resto de los sensores registran valores por debajo de los 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que establece la legislación.

Se han adoptado otras medidas para el saneamiento atmosférico de la ciudad, como la creación de la «Patrulla Ecológica» y la adquisición de una unidad móvil de medición de SO_2 , aunque hasta el momento de menor eficacia.

Es importante destacar que, a pesar del fuerte descenso de SO_2 , experimentado en Cartagena, no puede afirmarse que la ciudad cuente con una atmósfera limpia. El procedimiento de medición no es totalmente fiable pues está basado en valores promediados para 24 horas, y tampoco parece suficiente el análisis y evaluación de un solo contaminante atmosférico (SO_2).

En este sentido, la bibliografía consultada muestra que en una atmósfera industrial existen otros compuestos que contribuyen activamente a la polución, tales como metales pesados y óxidos de nitrógeno, que es preciso detectar, medir y controlar. Estos compuestos se han medido esporádicamente hasta la fecha, y los nuevos medidores en funcionamiento siguen registrando únicamente los niveles de SO_2 , y partículas en suspensión.

MURCIA

EL MEDIO FÍSICO

La ciudad de Murcia se asienta en un amplio valle, encajado entre pequeñas elevaciones. La alineación sur, más pronunciada, tiene como alturas máximas 603 y 518 m, correspondientes a la Sierra del Puerto y Cresta del Gallo, respectivamente. En el norte destacan una serie de pequeños cabezos que no alcanzan los 200 metros. Sin embargo, estas pequeñas elevaciones que rodean la ciudad son suficientes para entorpecer, e incluso imposibilitar, la dispersión de los contaminantes que se vierten a la atmósfera.

De otra parte, las características microclimá-

ticas, al igual que en Cartagena, no favorecen la limpieza de la atmósfera. Los caracteres microclimáticos comentados para Cartagena son aplicables a Murcia, con la salvedad del factor viento, más activo en la primera, y una frecuencia de inversión térmica mucho mayor en la atmósfera de Murcia.

FOCOS DE POLUCIÓN

En Murcia, como en cualquier núcleo urbano densamente poblado, la principal fuente de emisión de partículas y gases polutantes deriva de la combustión de los combustibles fósiles que se utilizan en las calderas de calefacción doméstica, motores de explosión y actividades industriales. Aunque no es fácil establecer la importancia exacta de cada uno de estos focos, en el caso concreto de Murcia puede afirmarse que la emisión mayoritaria procede del tráfico. A distancia el siguiente foco emisor serían las calefacciones domésticas, y en último lugar, la derivada de las actividades industriales.

MEDIDAS DE POLUCIÓN

En Murcia se ha medido la polución por SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y partículas en suspensión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), desde febrero de 1980 a diciembre del mismo

año, fecha en la que se desmonta la red de medición, sin haberse registrado, en este período, valores superiores a los permitidos por la legislación.

En este periodo funcionaron tres sensores, ubicados en los siguientes puntos:

1.117: Carretera de Espinardo. Escuela de F.P.

1.118: Plaza de Santa Isabel. Escuela Nacional.

1.119: Delegación Provincial de Sanidad.

Como en el caso de Cartagena se han representado gráficamente los valores de SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrados a lo largo del año (figs. 7, 8 y 9).

Las figuras 7 y 8 muestran un moderado aumento del nivel de SO_2 en el período de octubre a marzo (a excepción de noviembre), pero sin sobrepasar en ningún momento el nivel permitido. La figura 9 refleja, sin embargo, el máximo aumento en los meses de junio-agosto. No se ha encontrado ninguna causa que justifique este aumento en los meses de verano (cuando tráfico y calefacciones disminuyen), ni la disminución que experimentan los tres sensores en el mes de noviembre, precisamente cuando toda la península se encontraba bajo los efectos de un anticiclón que originó graves problemas de polución en muchas ciudades del país. Es necesario, por tanto, poner en duda el rigor de las

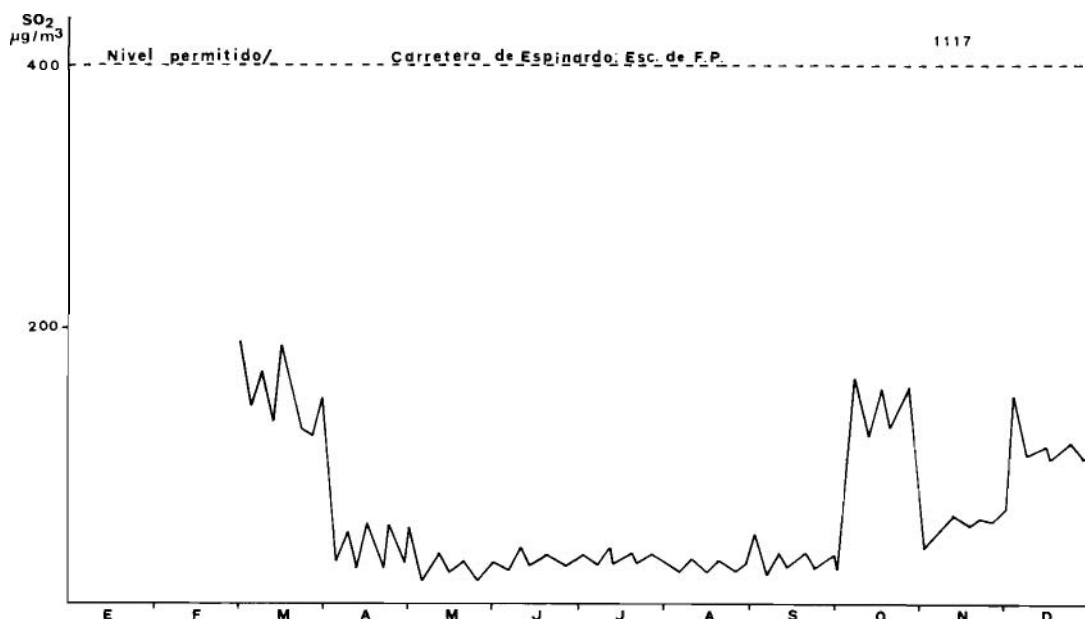


FIGURA 7. Sensor 1117 (Carretera de Espinardo). Niveles de SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 1980.

Levels of SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1980.

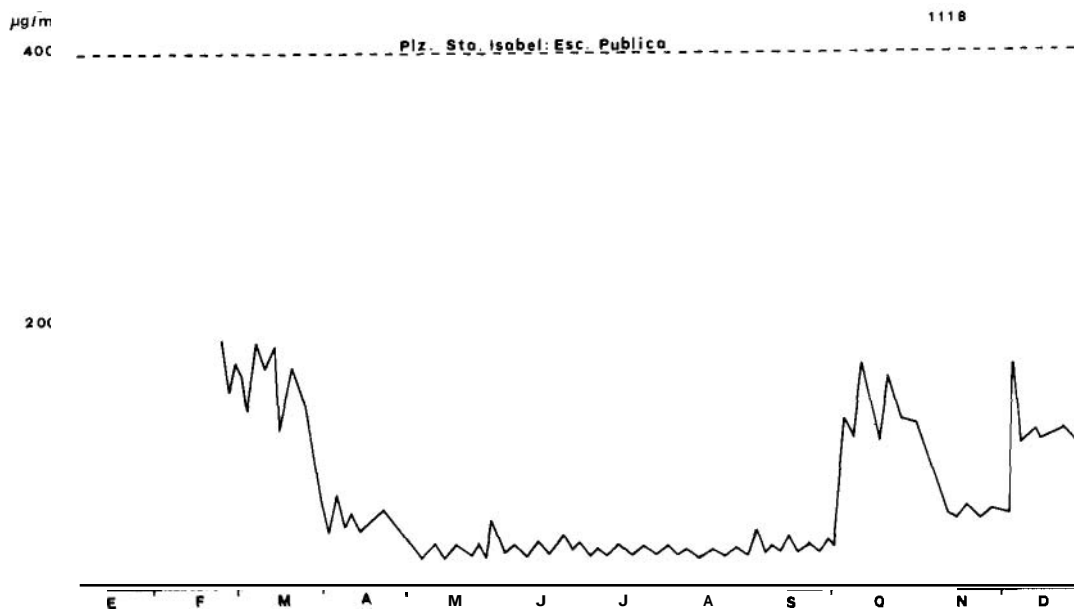


FIGURA 8. Sensor 1118 (Plaza Santa Isabel). Niveles de SO_2 µg/m³ en el año 1980.

Levels of SO_2 µg/m³ in 1980.

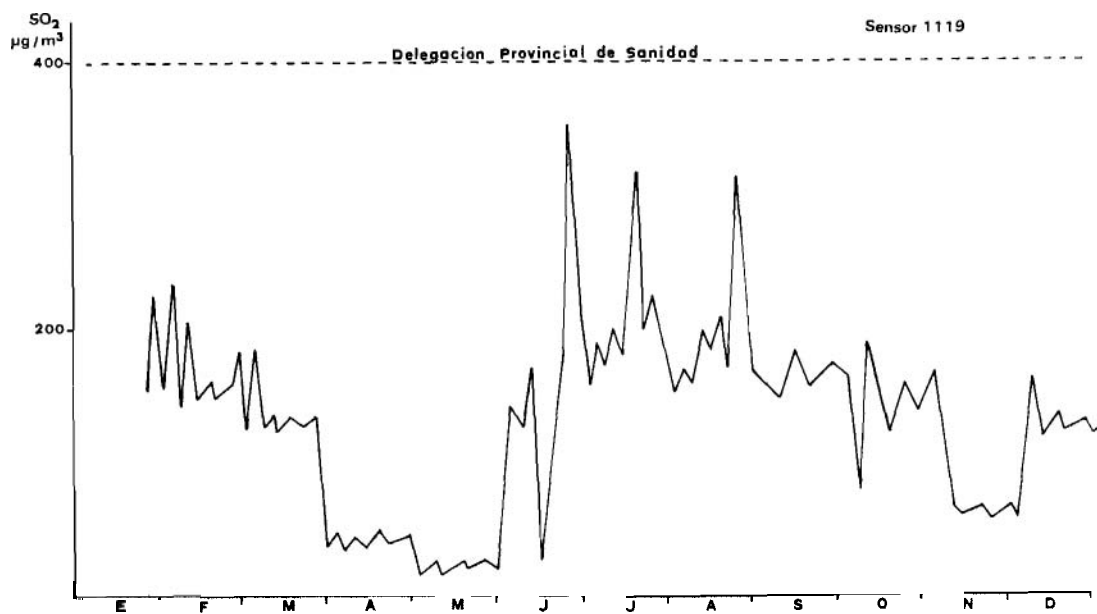


FIGURA 9. Sensor 1119 (Sanidad). Niveles de SO_2 µg/m³ en el año 1980.

Levels of SO_2 µg/m³ in 1980.

mediciones realizadas en Murcia, tanto más si se comparan los valores de SO_2 con el nivel de partículas en suspensión, que presenta valores constantes todo el año, próximos a $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabla 1).

MEDIDAS PREVENTIVAS

Como ya se ha apuntado, en diciembre de 1980 se desmontó la red de medición de Murcia, sin que exista, en el momento de la redacción de este texto, intención alguna en los organismos con competencias en el tema de la polución atmosférica de poner en marcha de nuevo la infraestructura de medición.

En Murcia no existe, por el momento, organismo alguno que pueda responder al ciudadano a preguntas tales como: número de fábricas en la aglomeración urbana y su incidencia en la polución atmosférica, incidencia del tráfico y

otras muchas relacionadas con la conservación del medio atmosférico. Esta actitud es alarmante y preocupante, puesto que el área de Murcia es potencialmente proclive a la retención de polutantes y debe prestarse, por tanto, gran atención a los vertidos actuales y a los que puedan hacerse en el futuro.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El clima y el relieve, a distintas escalas, son los componentes del medio físico que mayor incidencia tienen en la concentración y dispersión de polutantes en un área determinada:

- La presencia de un valle favorece la concentración de polutantes en el fondo del mismo.
- Las zonas edificadas (núcleos urbanos) modifican la circulación normal de polutantes en las capas de aire más bajas.

TABLA 1. Sensor 1118 (Sanidad). Niveles de partículas en suspensión $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 1980.

Levels of suspended particles, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in 1980

DIAS	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	18	18	12	14	17	10	10	20	18	16
2	18	15	12	14	19	15	14	20	15	16
3	18	10	14	14	15	15	12	19	15	16
4	16	10	14	13	18	15	15	19	12	14
5	20	14	14	13	16	12	13	19	14	10
6	20	14	19	13	16	14	16	19	17	10
7	12	14	22	12	14	17	16	23	14	12
8	24	12	22	12	11	16	16	23	14	14
9	24	20	12	12	19	15	14	17	11	15
10	24	20	18	15	15	15	18	17	11	18
11	19	16	15	15	11	15	16	17	11	18
12	23	19	15	13	18	18	19	21	14	18
13	17	19	13	11	16	16	17	21	13	14
14	17	19	11	11	16	13	15	15	18	12
15	13	22	11	11	10	10	18	18	19	11
16	16	16	10	15	13	13	15	18	17	13
17	23	16	9	16	11	19	18	18	17	13
18	18	17	9	19	18	19	14	20	17	13
19	20	26	9	19	14	19	14	20	18	10
20	20	26	14	17	12	19	13	20	14	12
21	11	26	17	17	12	18	10	16	18	15
22	17	24	17	17	19	13	12	16	20	15
23	17	20	19	21	18	15	12	21	17	18
24	17	20	15	18	10	12	12	21	17	15
25	13	18	15	20	10	17	17	15	17	18
26	18	18	18	20	15	17	16	18	15	16
27	15	16	13	16	15	11	12	13	16	19
28	22	15	20	14	19	14	15	13	13	19
29	16	19	20	17	14	12	18	16	10	19
30	16	22	17	17	13	13	20	16	13	19
31	16		12		11	18		16		17

- La estratificación estable de la atmósfera impide la circulación ascendente de polutantes.
- La «inversión térmica» (caso extremo de estratificación estable) determina las situaciones más críticas, potenciando la concentración de polutantes en los primeros 100-200 metros de la atmósfera.
- Las temperaturas extremas, las nieblas y la presencia de masas de agua, contribuyen a agravar las situaciones de contaminación atmosférica.
- La ausencia de lluvias y vientos también contribuyen a la concentración de polutantes en la atmósfera.

Los polutantes más frecuentes en la atmósfera urbana son: anhídrido carbónico, monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, NO_x, SO₂, metales pesados, derivados halogenados y partículas en suspensión de distinta naturaleza. Proceden de calefacciones, vehículos e industrias.

Los ciclos biogeoquímicos más afectados por la contaminación atmosférica son los del carbono, nitrógeno y azufre.

Los efectos de la contaminación atmosférica en vegetales han sido más estudiados que en animales.

Los líquenes presentan una especial sensibilidad a la contaminación atmosférica, y se han utilizado como «indicadores biológicos» de la contaminación, de alta capacidad de predicción.

Los animales son más sensibles a la contaminación que los vegetales, aunque los efectos en los primeros han sido menos estudiados. ANDRE *et. al.* (1982), emplearon un ácaro (*Humero-bates rostrilamelatus*), como indicador de contaminación atmosférica, obteniendo resultados satisfactorios por la rapidez de respuesta y por la sensibilidad de este ácaro a la contaminación, mayor que en vegetales.

El efecto de la contaminación atmosférica en la salud humana se refleja al cabo de varios años de exposición, aumentando la frecuencia de enfermedades respiratorias y cardíacas. Determina también una disminución general de las defensas del organismo, aumentando el riesgo de enfermedades.

La contaminación atmosférica origina cuantiosas pérdidas económicas, con repercusión en toda la sociedad. No obstante, no puede expresarse el problema de la contaminación en términos exclusivamente económicos.

La contaminación atmosférica de Cartagena deriva casi exclusivamente del asentamiento industrial ubicado en la zona SE-NE de la ciudad.

Los caracteres microclimáticos de Cartagena potencian la contaminación de su atmósfera, por los siguientes factores:

- Ausencia de precipitaciones;

- Elevada insolación (2.950 horas de sol/año);
- Elevada humedad atmosférica.
- Ausencia de vientos intensos;
- Frecuencia de nieblas.
- Elevada humedad atmosférica;

Aunque los vientos soplan con suficiente intensidad y frecuencia, su acción se ve disminuida por la presencia de un cinturón de pequeñas elevaciones. Sólo los vientos de lebeche (S-SW) contribuyen a la limpieza de la atmósfera. Por el contrario, los vientos de levante (N-NE) arrastran los humos y partículas desde el polígono industrial a la ciudad.

Los niveles de SO₂ son más altos en invierno que en verano, y durante los años 1977, 1978 y 1979 el nivel de SO₂ en la atmósfera de Cartagena ha sido el más alto de España.

Santa Lucía, Lo Campano, Torreciega y Los Mateos registraron los valores más altos de SO₂ de la ciudad:

- En el año 1979, los sensores ubicados en estos barrios superaron en más de 100 ocasiones los 400 µg/m³ que establece la legislación como valor permisible. En 15 ocasiones se sobrepasaron los 800 µg/m³ que califican a la zona como «emergencia de primer grado».

En 1980, se superan ampliamente estos valores, llegándose en más de 10 ocasiones a «emergencia de segundo grado» (1.400 µg/m³), y alcanzándose las cifras de 2.379 y 2.553 µg/m³, calificadas de «emergencia total».

- A partir del año 1981, disminuyen drásticamente estos niveles, sobrepasándose ocasionalmente los 400 µg/m³ y registrándose «emergencia de 1º y 2º grado» en los sensores de Alumbres y Lo Campano.

- Durante 1982, según reflejan las cifras de SO₂, se ha mantenido el nivel de contaminación por debajo de los 400 µg/m³; no obstante, en ciertos sectores de la ciudad siguen siendo bien patentes los efectos de la contaminación atmosférica.

No se ha encontrado correlación significativa entre los niveles de SO₂ y el número de enfermos ingresados en la Residencia Sanitaria Ntra. Sra. del Rosell, con crisis cardiorrespiratoria, por efecto de la imposibilidad de obtención de datos durante largos períodos de tiempo.

La ubicación de Murcia en un fondo de valle potencia la acumulación de aire frío en el fondo del mismo y, como consecuencia, es muy frecuente la inversión térmica.

Los caracteres microclimáticos de Murcia favorecen la concentración de polutantes en su atmósfera. Destacan:

- Temperaturas extremas de invierno y verano:

- Ausencia de vientos intensos;
- Frecuencia de nieblas.

El principal foco de emisión de polutantes a la atmósfera, en Murcia, lo representa el tráfico de vehículos; las calefacciones contribuyen en menor grado.

Los valores de SO₂, registrados en Murcia son más altos en invierno que en verano, aunque en ningún caso se ha sobrepasado el nivel de 400 µg/m³.

Por sus caracteres microclimáticos y situación, la aglomeración urbana de Murcia presenta una alta potencialidad a la polución de su atmósfera, por lo que debe vigilarse con extremo cuidado la instalación y ubicación de nuevos focos de emisión.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMQUIST, E. 1974. An analysis of global air pollution. *Ambio*, 3(5): 161-167.
- ANDRÉ, H. 1977. Introduction à l'étude écologique des communautés de microarthropodes corticoles sournises a la pollution atmosphérique. 11: Recherche de bioindicateurs et d'indices biologiques de pollution. *An. Soc. R. Zoologie*, 106: 211-224.
- ANDRÉ, H., BOLLY, C. & LEBRUN, P. 1982. Monitoring and mapping air pollution through an animal indicator: a new and quick method. *Jour. Appl. Ecology*, 19: 107-111.
- AOKI, K. & HIROYUKI, S. 1977. Lung cancer and air pollution. *Nat. Cancer Inst.*, 47: 17-22.
- BUICULESCU, I., POPESCU, D., IORDAN, M., PEICEA, J. M. & SERBANESCU, C. 1980. The influence of air polluting gases on some plant metabolism. *Rev. Roum. Biol. Ser. Biol. Veg.*, 23(2): 187-193.
- COELLO, W. F., SALEEM, Z. A. & KHAN, M. A. 1974. Ecological effects of lead in auto-exhaust. *Survival in Toxic Environments*, 499-513.
- COFFIN, D. & KNELSON, J. H. 1976. Effects of sulfur dioxide and aerosol particles on human health. *Ambio*, 5(5-6): 239-242.
- CONTRERAS, C. 1981. Puré de guisantes sobre Madrid. *Economía Industrial*, 206: 48-88.
- COPLACO. 1974. *Estudio Subregional: «Corredor Madrid-Guadalajara»*. Ministerio de la Vivienda. Madrid.
- COPLACO. 1975. *Plan Especial de Protección del Medio Físico de Madrid*. Ministerio de la Vivienda. Madrid.
- COSTES, C. 1978. *Photosynthèse et production végétale*. Bordas. Madrid.
- CZARNOWSKI, M. 1980. Potential photosynthesis of tree leaves pollution by industrial emissions. *Bull. Acad. Pol. Sci. Biol.*, 27(7): 605-612.
- DE LORA, F. & MIRÓ, J. 1978. *Técnicas de defensa del medio ambiente*, 11. Labor. Barcelona.
- DE MIGUEL, P. 1978. Quien contamina, paga. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 5: 119-127.
- DE TEMMERMAN, L. 1980a. Strategie dans l'analyse des effects de la pollution de l'air sur les plantes. *Revue de l'Agriculture*, 32(4): 1.007-1.017.
- DE TEMMERMAN, L. 1980b. Les dégâts aigus occasionnés aux plantes par une décharge accidentelle d'amoniac. *Revue de l'Agriculture*, 17: 763-775.
- DE YBARRA, F. 1985. Aspectos económicos del deterioro ambiental. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 17: 31-35.
- DEL RÍO, R. & DÍAZ, F. 1977. Estudios de Impacto Ambiental: Asentamientos industriales. Objetivos y Metodología. *Ingeniería Química*, 105: 59-62.
- DÍEZ, J. 1980. Aproximación sociológica al concepto de calidad de vida. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 14: 17-29.
- DUVIGNEAUD, P. 1978. *La síntesis ecológica*. Alhambra. Madrid.
- EDMUNDS, S. & LATEY, J. 1975. *Ordenación y gestión del Medio Ambiente*. Instituto de Estudios de la Administración Local. Madrid.
- ELIAS, R. & PATTERSON, C. 1980. The toxicological implications of biogeochemical studies of atmospheric lead. *Environm. Sci. Res.*, 17: 391-403.
- ENSENAT DE VILLALONGA, A. 1981. La contaminación atmosférica y los medios para combatirla. *Economía industrial*, 206: 4-24.
- ESTEVEAN, M. 1979. Causas y medidas correctoras de la contaminación atmosférica. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 12: 10-30.
- FLOHN, H. 1968. *Clima y tiempo*. Guadarrama. Madrid.
- FUENTES, F. 1979. Hacia una Ley General del Medio Ambiente. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 9: 110-111.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J. 1978. Propiedad y asignación de los recursos ambientales: un punto de vista pro-industrial. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 7: 85-99.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. 1973. *Urbanismo y Ordenación del Territorio*. Academia Bellas Artes Sta. Isabel de Hungría. Sevilla.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. 1976. Bases ecológicas de la Ordenación del Territorio. *Arbor*, 365: 63-69.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. 1979. Medio Ambiente y Ciencias de la Naturaleza. *Seminario de Formación Ambiental*. CIFCA. Madrid.
- GRANDJEAN, E. 1976. Effects de la pollution atmosphérique sur la santé. *Medicine Sociale et Preventive*, 21: 73-76.
- GRAU, S. 1979. La Constitución Española y el Medio Ambiente. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 12: 61-73.
- GRIMMEK, G. & HILDEBRANDT, P. 1975. Investigations on the Carcinogenic Burden by Air Pollution in Man. XIII Assessment of the contribution of passenger cars to air pollution by carcinogenic polycyclic hydrocarbons. *Zbl. Bakt. Hyg. I Abt. Orig.*, 161: 104-124.
- HAAGEN, S. 1979. El control de la contaminación del aire. In: SELECCIONES SCIENTIFIC AMERICAN (Ed.), *La ciudad, su origen, crecimiento e impacto en el hombre*: 171-180. Blume. Madrid.
- HOGSTROM, U. 1973. Residence time of sulfurous air pollutants from a local source during precipitation. *Ambio*, 2(1-2): 37-41.
- KAUPPI, M. 1976. Fruticose lichen trasplant technique for air pollution experirments *Flora*, 165: 407-414.
- KEMP, J. F. & YOUNG, P. 1980. *Notes on Meteorology*. Stanford Mantime. Londres.
- KNELSON, J. & ROBERT, E. 1977. Oxides of nitrogen in the atmosphere: origen, fate and public health implications. *Ambio*, 6(2-3): 126-130.

- LANDSBERG, H. & MACHTA, L. 1974. Anthropogenic pollution of the atmosphere: Where to? *Ambio* 3(3-4): 146-150.
- LAWTHER, P. J. 1975. Carbon monoxide. *British Medical Bulletin*, 31(13): 256-260.
- LEDBETTER, J. 1972. *Air Pollution*. M. Decker. Nueva York.
- LEMEÉ, J. 1978. *Précis d'écologie végétale*. Masson. París.
- LOWRY, W. P. 1979. El clima en las ciudades. In: SELECCIONES SCIENTIFIC AMERICAN (ED.). *La ciudad, su origen, crecimiento e impacto en el hombre*: 160-169. Blume. Madrid.
- LUND, H. 1974. *Manual para el control de la contaminación industrial*. Instituto de Estudios de la Administración Local. Madrid.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Omega. Barcelona.
- MCDERMOT, W. 1979. Contaminación del aire y salud pública. In: SELECCIONES SCIENTIFIC AMERICAN (Ed.). *La ciudad, su origen, crecimiento e impacto en el hombre*: 150-160. Blume. Madrid.
- MCDONALD, E. J. 1976. Air pollution, demography, cancer: Houston. Texas. *Jamwa*: 31(10) 379-395.
- MARTÍN DE AGAR, P. 1983. *Ecología y Planeamiento Territorial: metodología y estudio de casos en la Región de Murcia*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- MERINO, J. 1972. *Uso de datos microclimáticos para asesoramiento de asentamientos industriales en la Región de Sevilla*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sevilla.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (Ed.) 1980. *Manual de Ingeniería Ambiental* 6 Vols. Madrid.
- MOHR, U., REZNIK-SCHÜLLER, H., REZNIK, G. & GRIMMER, G. 1976. Investigation on the Carcinogenic Burden by Air Pollution in Man. XIV. Effects of automobile exhaust condensate on the Syrian Golden Hamster Lung. *Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig.*: 163: 425-432.
- MORÁN DE VICENTE, E. 1979. Comentarios al plan de lucha contra la contaminación atmosférica en Londres. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 12: 100-103.
- MYKUP, L. L. & ROGERS, D. L. 1976. The relationship between land-use and emission of automotive air pollution. *Inter. J. Environ. Studies*, 8: 269-275.
- ORTEGA, J. 1981. Crisis energética y calidad de vida. *Economía Industrial*, 205: 4-14.
- PERKINS, H. C. 1974. *Air Pollution*. McGraw-Hill. Nueva York.
- PERTIERRA, J. M. 1967. Peligrosidad de los polvos y gases industriales emitidos por las centrales térmicas y otras fuentes de contaminación. *Química e Industria*, 14: 195-206.
- PUIGCERVER, M. 1979. Atmósfera y contaminación atmosférica. *Investigación y Ciencia*, 37: 104-120.
- RABE, R. & KREEB, K. 1980. Bioindication of air pollution by chlorophyll destruction in plant leaves. *Oikos*, 34(2): 163-167.
- RAINS, D. V. 1974. Wild-Oat as a indicator of atmospheric inputs of lead to a rangeland ecosystem. *Journal Environ. Quality*, 4(4): 532-536.
- RAVEN, P. B., GLIMER, J. A. & SUTTON, J. C. 1976. Dynamic lung function changes following long-term work in polluted environments. *Environ. Research*, 12: 18-25.
- ROALD, H., BUCHET, J. P., LAUWERYS, R. & BRUAUX, P. 1976. Impact of air pollution by lead of the heme biosynthetic pathway in school-age children. *Archives of Environ. Health*: 310-316.
- RÓDENAS, M. 1977. *Planificación urbanístico-ecológica: problemática de tratamiento de datos y sectorización*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- RODRÍGUEZ, R. 1980. El que contamina, paga: significado y alcance del principio. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 14: 44-47.
- RODRÍGUEZ, R. 1981. *El medio ambiente en la Constitución Española: su conservación como principio político rector y como competencia de las Comunidades Autónomas*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. CEOTMA. 4. Madrid.
- ROSS, R. D. 1974. *La industria y la contaminación del aire*. Diana. México.
- RÚA, C. 1977. Contaminación atmosférica en Valladolid en el año 1976. *Sanidad e Higiene Pública*, 7: 819-881.
- SEINFELD, J. H. *Contaminación atmosférica: fundamentos físicos y químicos*. Instituto de Estudios de la Administración Local. Madrid.
- SEOÁNEZ, M. 1977. *La contaminación agraria*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- SPEDDING, D. J. *Contaminación atmosférica*. Reverté. Barcelona.
- STOKER, H. S. & SEAGER, S. L. 1981. *Química ambiental: contaminación del aire y del agua*. Blume. Barcelona.
- SUNDSTROM, K. R. & HALLGREN, J. E. 1973. Using lichens as physiological indicator of sulfurous pollutants. *Ambio*, 2(1-2): 13-21.
- SWIFBODA, M. & KALEMBA, A. 1979. The bark of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) as a biological indicator of atmospheric air pollution. *Act. Soc. Bota. Pol.*, XL-VIII (4): 539-549.
- TAMAMES, R. 1977. *Ecología y desarrollo*. Alianza Universidad. Madrid.
- TOHARIA, M. 1980. Clima y medio ambiente. *Boletín Informativo Medio Ambiente*, 14: 49-54.
- TORTAJADA, R. & ELORRIETA, J. I. 1981. Utilización de bioindicadores atmosféricos en Madrid. *Estudios Territoriales*, 2: 143-175.
- TURRY, E. 1977. *Sociedad y medio ambiente*. Villalar. Madrid.
- VAN DERLENDE, R., HUYGEN, C., JANSEN-KOSTER, E. J., KNIPSTROMS, S. & QUANJEK, P. 1977. Description d'enquêtes épidémiologique aux Pays Bass. *Rev. Fr. Mal. Resp.*, 5: 95-106.
- VAN VALIN, C. C., PUESCHEL, R. F. & PARUNGO, F. P. 1975. Formation of cloud and ice nuclei by combustion of crude oil. *Jour. Appl. Meteo.*, 14(6): 1.200-1.203.
- VIAN, A. 1962. La contaminación sulfurosa de la atmósfera. *Rev. Esp. Quím. Apl.*, XII (248): 135-150.
- VILLAMIL, A. 1981. Análisis de la alternativa desarrollo versus medio ambiente. *Economía Industrial*, 206: 35-47.
- WADDEN, R. A. 1977. Journal of the urban planning and development division. *Health Environ. Plann.*, 27-37.
- WALKER, J. 1978. Lo que los penachos de humo nos dicen sobre las características de la atmósfera. *Investigación y Ciencia*, 22: 102-107.

WALLER, R. E. & LAWTER, P. J. 1976. Mortality and the 1974 fuel crisis. *Reprin. Naru.*, 259(5.544): 549-560.

WHALEY, H. & LEE, J. K. 1977. Plume dispersion in a Mountainous River Valley during spring. *Jour. Air Pollu. Contr. Assoc.*, 27(10): 1.001-1.004.